

喷雾方式及喷液量对吡蚜酮和啮虫脒在棉田的沉积分布及棉蚜防治效果的影响

朱玉坤, 郑岩明, 王 杰, 夏晓明, 王开运*

(山东农业大学植物保护学院, 山东泰安 271018)

摘要: 为探明防治棉田棉蚜 *Aphis gossypii* (Glover) 的最佳喷雾方式及喷液量, 提高棉田的农药利用率, 作者于 2011–2012 年在山东省棉花苗期和成株期分别使用背负式手动喷雾器和背负式机动弥雾机以常规大容量和低容量喷雾, 比较杀虫剂 25% 吡蚜酮可湿性粉剂和 3% 啮虫脒乳油的喷雾雾滴在棉花田的沉积分布及棉蚜防治效果。结果表明: 在棉花苗期, 3% 啮虫脒乳油用量 450 mL/ha 时, 使用机动弥雾机以 75, 150 和 225 L/ha 喷液量喷雾, 药剂在地面的流失率分别为 24.4%, 28.9% 和 26.7%; 使用手动喷雾器以 300, 450 和 600 L/ha 喷液量喷雾, 杀虫剂在地面的流失率分别为 35.6%, 37.8% 和 46.7%; 啮虫脒不同喷雾处理对棉蚜的防效无显著性差异 ($P > 0.05$)。在棉花成株期, 25% 吡蚜酮可湿性粉剂用量为 300 g/ha 时, 使用手动喷雾器以 600 L/ha 喷液量喷雾, 药剂地面流失率为 13.3%; 使用机动弥雾机以喷液量 150 L/ha 喷雾时, 药剂地面流失率为 3.3%; 25% 吡蚜酮可湿性粉剂用量减少至 225 g/ha, 使用机动弥雾机以喷液量 150 和 300 L/ha 喷雾, 对棉蚜的防效与吡蚜酮用量 300 g/ha、使用手动喷雾器在喷液量 600 L/ha 条件下喷雾相比没有显著差异 ($P > 0.05$)。使用机动弥雾机喷雾可以减少田间用药量和喷液量, 降低药液的流失率, 减轻对环境的污染。

关键词: 棉蚜; 吡蚜酮; 啮虫脒; 喷雾方式; 喷液量; 农药沉积; 防效

中图分类号: Q965.9 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2013)05-0530-07

Influences of spray method and volume on the deposition of acetamiprid and pymetrozine and their efficacy against cotton aphids in cotton fields

ZHU Yu-Kun, ZHENG Yan-Ming, WANG Jie, XIA Xiao-Ming, WANG Kai-Yun* (College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: In order to promote the effective utilization of pesticides in cotton fields, field tests were conducted during 2011–2012 to determine the appropriate spray method and volume used to control the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover). Deposition of insecticides applied with the lever-operated knapsack sprayer and the knapsack mist blower at different spray volumes in cotton fields were studied by adding tracer allura red in insecticide solution. The results indicated that at the seedling stage of cotton, when 3% acetamiprid EC was applied with the mist blower at the dose of 450 mL/ha, the run-off rates were 24.4%, 28.9% and 26.7% at the spray volumes of 75, 150 and 225 L/ha, respectively. The run-off rates of 3% acetamiprid EC from the lever-operated sprayer operated at the spray volumes of 300, 450 and 600 L/ha were 35.6%, 37.8% and 46.7%, respectively. Efficacy of acetamiprid applied with two sprayers at different water volumes against cotton aphids had no significant difference ($P > 0.05$). At the adult-plant stage of cotton, when 25% pymetrozine WP was applied at the dose of 300 g/ha, the run-off rates of pymetrozine for the lever-operated sprayer at the spray volume of 600 L/ha and the mist blower at the spray volume of 150 L/ha were 13.3% and 3.3%, respectively. The efficacy of pymetrozine applied at the dose of 225 g/ha using the mist blower at the spray volumes of 150 and 300 L/ha had no significant difference compared with the treatment of 300 g/ha pymetrozine applied with the lever-operated sprayer at the spray volume of 600 L/ha ($P > 0.05$). It is so concluded that low volume spray with the mist blower could facilitate not only to reduce the insecticide dosage used in cotton fields for aphid management, but also to decrease the run-off rate of insecticide onto soil and so reduce environmental pollution.

Key words: *Aphis gossypii*; pymetrozine; spray method; spray volume; pesticide deposition; control efficacy

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903033); 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金(BS2012SW015)

作者简介: 朱玉坤, 男, 1988 年生, 山东泰安人, 硕士研究生, 主要从事农药毒理与害虫抗药性研究, E-mail: wky@sda.u.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: kywang@sda.u.edu.cn

收稿日期 Received: 2012-12-30; 接受日期 Accepted: 2013-03-03

棉蚜 *Aphis gossypii* (Glover) 是棉花上的重要害虫之一, 严重影响棉花产量和品质。我国防治棉蚜通常使用手动喷雾器进行大容量喷雾, 药液容易超过棉花叶片的流失点而发生流失现象, 药液稳定后达到的持留量远小于流失点时的持留量, 导致农药流失严重, 有效利用率低(屠豫钦, 1992; 袁会珠等, 2000)。

提高农药有效利用率, 最有效的方法是在充分利用气象和作物群体结构的条件下, 改进喷雾机具(袁会珠, 2000)。喷雾机具直接决定了喷液量、雾滴速度和雾滴大小等影响药液沉积的因素, 进而影响到生物效果(Ebert and Downer, 2006)。背负式机动弥雾机是依靠气力进行雾化的喷雾机具, 喷液量少, 雾化效果好。利用弥雾机进行低容量喷雾, 通过增加单位体积药液的雾滴数来确保在作物表面的覆盖, 可以增加农药雾滴的沉积量(吴健民等, 2001)。在我国已有较多使用背负式机动弥雾机替代背负式手动喷雾器的研究(陈万权等, 1999; 崔丽等, 2010; 徐德进等, 2011), 但尚未见有关在棉田使用背负式机动弥雾机防治棉蚜及其药液沉积规律的报道。

相同施药条件下, 药液在作物上的沉积量受喷液量的影响。朱金文等(2004a)研究表明, 在喷液量为 170 ~ 1 360 L/ha 范围内, 毒死蜱在水稻叶片上的沉积量随喷液量的增加而显著减少。Wise 等(2010)使用不同喷液量喷雾, 在最高喷液量时会发生药液流失现象, 但不同喷液量处理药液在葡萄上的沉积量和防治葡萄卷叶蛾的效果没有显著性差异。Reed 等(2001)在同一剂量条件下, 比较了不同喷液量和雾滴大小下的棉田棉铃虫防治效果, 结果表明每公顷喷液量 56 L 的效果与 112 和 168 L 的效果相当。Garcerá 等(2011)研究发现增加沉积量并不一定能提高对红圆蚧的防效。因此, 在农药喷雾使用中, 可以减少喷液量而不影响对病虫害的防治效果。

啉虫脒和吡蚜酮是防治棉蚜的常用药剂, 对刺吸式口器害虫有特效, 现已有较多关于啉虫脒和吡蚜酮防治棉蚜的报道(雷虹和张战利, 2007; 任明勇等, 2007)。然而到目前为止, 还未见有在棉田使用背负式机动弥雾机施用啉虫脒和吡蚜酮防治棉蚜的报道。本研究以诱惑红为示踪剂(邱占奎等, 2007), 分别使用背负式手动喷雾器和背负式机动弥雾机, 以不同喷液量喷洒啉虫脒和吡蚜酮药液, 比较啉虫脒和吡蚜酮在棉花植株上的沉积规律及棉

蚜防治效果, 以探明防治棉蚜的最佳喷雾方式及喷液量, 提高棉花害虫防治中农药的利用率, 为在棉田内科学使用农药提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

棉蚜 *A. gossypii*, 山东德州和泰安田间种群。

1.2 药剂

25% 吡蚜酮可湿性粉剂, 江苏安邦电化有限公司产品; 3% 啉虫脒乳油, 山东中农联合生物科技有限公司产品; 诱惑红, 上海染料研究所产品。

1.3 仪器

UV-2201 型紫外分光光度计, 日本岛津公司产品; 3WF-2.6 背负式机动弥雾机, 山东华盛中天机械集团产品; WS-16P 手动喷雾器, 山东卫士植保机械有限公司产品。

1.4 诱惑红标准曲线的绘制及在滤纸和塑料上的洗脱率测定

用分析天平准确称取诱惑红于 50 mL 容量瓶中, 用蒸馏水定容, 分别配制质量浓度为 5, 10, 15 和 20 mg/L 的诱惑红标准溶液。用紫外分光光度计在 501 nm 波长处测定各溶液的吸光度值, 绘制诱惑红质量浓度-吸光度值标准曲线。

吸取上述各浓度诱惑红标准溶液 100 μ L 和 1 mL 分别添加到滤纸条和塑料上, 晾干 1 h 后分别用 10 和 20 mL 水洗脱滤纸条和塑料上的诱惑红, 在 501 nm 处测定洗涤液的吸光度值并计算洗涤液中诱惑红的质量, 按式(1)计算诱惑红的洗脱率。

$$\text{诱惑红洗脱率} = \frac{\text{诱惑红洗脱量}}{\text{滤纸条上诱惑红添加量}} \times 100\% \quad (1)$$

1.5 机动弥雾机喷幅的确定

试验于 2011 年 7 月 25 日在山东农业大学植物保护学院试验田进行。棉花行间距 1 m, 株间距 0.3 m, 株高 1.5 m。使用机动弥雾机在棉田喷雾, 在喷雾液中按 3 g/L 的比例加入诱惑红; 弥雾机喷头略高于棉花, 行走速度约 0.5 m/s(喷液量 150 L/ha)。在距喷头 0, 1, 2, 3, 4, 5 和 6 m 处棉花植株的上下层及内外部叶片正反面布放滤纸条, 检测诱惑红在棉花上的沉积, 计算诱惑红的平均沉积量, 确定使用机动弥雾机施药的喷幅。

1.6 田间施药行走速度的确定

在手动喷雾器和机动弥雾机药液箱中加入定量

清水,模拟田间喷雾,记录喷雾时间,计算喷头流量。手动喷雾器工作压力 0.3~0.4 MPa、使用 0.7 mm 喷片的流量为 1 L/min,机动弥雾机喷头流量开关开至 2,流量为 2 L/min。在田间喷雾时,根据设置的田间喷液量及喷雾器流量,计算喷雾所需时间,在实验前按规定时间在试验小区行走数遍,以保证喷液量的准确性。

1.7 棉花叶片及地面上药液沉积量的测定

在吡蚜酮或啉虫脒药液中加入诱惑红作指示剂,机动喷雾药液中诱惑红的添加比例为 3 g/L,手动喷雾药液中诱惑红的添加比例为 1 g/L。喷雾前,每个小区按“五点取样法”选取 5 株棉花,在棉花叶片上布放 2 cm×7.5 cm 的滤纸条收集在棉花叶片上沉积的药液,在棉田行间地面上布放 10 cm×20 cm 的塑料收集沉积流失到地面上的药液。在棉花苗期,每株棉花选定两个叶片,在叶片正反面布放滤纸条;在棉花成株期,每株棉花的上下层及内外部分别选定一个棉花叶片,在叶片正反面布放滤纸条。喷雾结束后,待滤纸条和塑料干燥后收集至自封袋中,在实验室用去离子水洗脱滤纸条和塑料上的诱惑红,在 501 nm 测定洗涤液的吸光度值,根据标准曲线计算洗涤液中诱惑红的浓度,按式(2)计算诱惑红的沉积量,按照诱惑红与 3% 啉虫脒乳油和 25% 吡蚜酮可湿性粉剂在药液中的添加比例,换算药剂在棉花叶片上的沉积量。根据式(3)计算药液在地面的流失率。

沉积量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) =

$$\frac{\text{洗涤液中诱惑红浓度}(\mu\text{g}/\text{mL}) \times \text{洗涤液体积}(\text{mL})}{\text{滤纸条面积}(\text{cm}^2)} \quad (2)$$

地面流失率(%) =

$$\frac{\text{地面沉积量}(\mu\text{g}/\text{cm}^2) \times \text{小区面积}(\text{m}^2)}{\text{有效成分用量}(\text{g})} \times 100 \quad (3)$$

1.8 不同喷雾方式对棉蚜防效的测定

每小区按“五点取样法”选取 5 株棉花,调查取样点棉花植株施药前及施药后第 1, 3 和 7 天的蚜虫数量,计算棉蚜防效,防效计算公式如下。棉花苗期试验统计整株棉花的棉蚜数量,成株期试验棉蚜数量统计采用“三叶法”,即在棉花植株上、中、下部各取一叶,记录棉蚜数。

防效(%) =

$$\left(1 - \frac{\text{处理区防治后蚜虫数} \times \text{对照区防治前蚜虫数}}{\text{处理区防治前蚜虫数} \times \text{对照区防治后蚜虫数}}\right) \times 100 \quad (4)$$

1.8.1 棉花苗期棉蚜防治试验: 试验于 2012 年 5 月 29 日在山东德州夏津县西张官屯进行。分别使用手动喷雾器和机动弥雾机喷雾防治棉蚜,3% 啉虫脒乳油用量均为 450 mL/ha。作业时间为 15:00–17:30,微风。棉花采用宽窄行种植,宽行间距 1 m,窄行间距 0.8 m,株间距 0.2 m,种植密度 75 000 株/ha。株高 30~35 cm。机动喷雾试验小区长 24 m,宽 10 m,根据单喷幅试验将小区分成两个喷幅喷雾。手动喷雾试验小区长 24 m,宽 2.4 m。

使用手动喷雾器喷雾时,将喷头置于棉花叶片下方,喷头向上喷雾;试验设置 300, 450 和 600 L/ha 喷液量,行走速度分别为 0.9, 0.6 和 0.45 m/s。使用机动弥雾机喷雾时,使喷头与棉花植株高度相等,喷雾方向垂直于行走方向,试验设置 75, 150 和 225 L/ha 喷液量,行走速度分别为 1, 0.5 和 0.3 m/s。

1.8.2 棉花成株期棉蚜防治试验: 试验于 2011 年 8 月 4 日在山东农业大学植物保护学院试验田进行。棉花行间距 1 m,株间距 0.3 m,株高 1.5 m。作业时间为 15:00–18:00,无风。手动喷雾试验小区长 20 m,宽 2 m;25% 吡蚜酮可湿性粉剂用量为 300 g/ha,喷液量为 600 L/ha,行走速度为 0.45 m/s;采用全面喷雾法进行喷雾(在棉花植株上下均匀喷雾)。机动喷雾试验小区长 20 m,宽 5 m;25% 吡蚜酮可湿性粉剂用量分别为 150, 225 和 300 g/ha,喷液量为 150 和 300 L/ha,行走速度分别为 0.5 和 0.25 m/s;使用侧向上部穿透法喷雾(喷头侧向对准棉花株冠层上部)。

1.9 数据统计与分析

使用 Microsoft Excel 计算药液沉积量的平均值及标准差。用 SPSS 13.0 for Windows 中的 Duncan 分析方法对沉积量和不同处理的防效进行单因素方差分析(ANVOA)。

2 结果与分析

2.1 诱惑红的标准曲线及在滤纸条和塑料上的洗脱率

在 501 nm 处,诱惑红浓度在 0~20 mg/L 范围内时,诱惑红吸光度值 y 与浓度 x 之间具有很好的相关性,其关系为 $y = 0.0477x + 0.0072$, $R^2 = 0.9997$ 。浓度为 5, 10, 15 和 20 mg/L 的诱惑红溶液在滤纸条和塑料上均具有良好的洗脱率(表 1)。诱惑红可以作为测定棉花田药液沉积分布的指示剂。

表 1 诱惑红在滤纸条和塑料上的洗脱率
Table 1 Recovery rates of allura red on
filter paper and plastic

诱惑红浓度 (mg/L) Concentration of allura red	洗脱率 Recovery rate (%)	
	滤纸 Filter paper	塑料 Plastic
5	89.9 ± 1.5	98.4 ± 1.0
10	91.4 ± 0.8	97.9 ± 2.5
15	94.3 ± 2.3	96.8 ± 3.1
20	92.3 ± 1.7	98.8 ± 2.0

数据为平均值 ± 标准差；下同。Data are mean ± SD. The same below.

2.2 棉田使用机动弥雾机喷雾的喷幅

在棉田使用背负式机动弥雾机喷雾，距喷头不同距离棉花植株上诱惑红的平均沉积量如图 1。诱惑红在距离喷头 6 m 的范围内呈抛物线形分布。在 0 和 6 m 处的平均沉积量较少，分别只有 0.069 和 0.066 μg/cm²；距离喷头 2、3 和 4 m 处棉花植株上沉积量较大，其中在 4 m 处的沉积量分别为 0 和 6 m 处的 7.6 和 8.0 倍。在棉花田使用 3WF-2.6 机动弥雾机喷雾时，要使药液沉积均匀应以 5 m 为一个喷幅。

2.3 棉花苗期喷雾方式与喷液量对啉虫脒的沉积量及防治棉蚜效果的影响

2.3.1 棉花苗期喷雾方式与喷液量对啉虫脒沉积

表 2 不同喷雾方式与喷液量喷雾时啉虫脒在苗期棉花田的沉积分布

Table 2 Deposition of acetamiprid applied with different spray methods and volumes in cotton fields during the seedling period

喷雾方式 Spray method	喷液量(L/ha) Spray volume	药液浓度(g/L) Concentration	啉虫脒沉积量(μg/cm ²) Deposition of acetamiprid			地面流失率(%) Run-off rate
			叶片正面 Upper leaf surface	叶片反面 Under leaf surface	地面 Ground	
机动喷雾 MB	75	6.0	1.5 ± 0.2	1.9 ± 0.3	1.1 ± 0.2	24.4
	150	3.0	1.4 ± 0.2	1.8 ± 0.2	1.3 ± 0.1	28.9
	225	2.0	1.7 ± 0.2	2.0 ± 0.4	1.2 ± 0.1	26.7
手动喷雾 MS	300	1.5	1.0 ± 0.2	3.0 ± 0.5	1.6 ± 0.4	35.6
	450	1.0	1.1 ± 0.4	3.2 ± 0.7	1.7 ± 0.3	37.8
	600	0.75	1.2 ± 0.2	2.0 ± 0.5	2.1 ± 0.1	46.7

MB：背负式机动喷雾 Application with the knapsack mist blower；MS：背负式手动喷雾 Application with the lever-operated knapsack sprayer. 下表同
The same for the following tables.

2.3.2 喷雾方式与喷液量对啉虫脒防治棉蚜效果的影响：使用不同喷雾方式以不同喷液量喷雾，啉虫脒对棉蚜的防治效果见表 3。施药后第 1 天，使

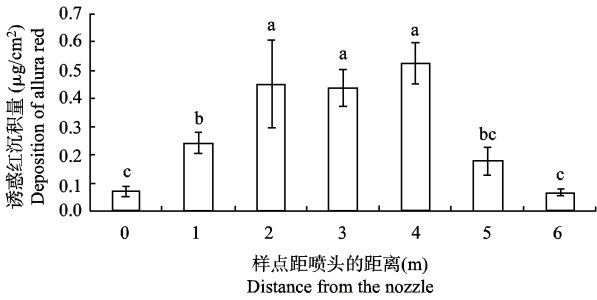


图 1 距机动弥雾机喷头不同距离的棉花上
诱惑红的平均沉积量

Fig. 1 Average deposition of allura red on cotton plants at different distance from nozzle

柱上不同字母表示不同处理在 $P < 0.05$ 水平下差异显著 (Duncan 氏单因素方差分析)。Bars with different letters are significantly different at the 0.05 level (Duncan's one-way analysis of variance).

量的影响：不同处理啉虫脒的沉积结果如表 2。使用机动弥雾机喷雾，喷液量为 75、150 和 225 L/ha 时，不同喷液量对啉虫脒的沉积量没有影响，啉虫脒的地面流失率相差不大，分别为 24.4%、28.9% 和 26.7%。使用手动喷雾器喷雾，喷液量为 600 L/ha 时，啉虫脒在叶片正面的沉积量与 300 和 450 L/ha 喷液量相差不大，分别为 1.2、1.0 和 1.1 μg/cm²，但啉虫脒在叶片反面的沉积量明显减少，地面流失率增加至 46.7%。使用机动弥雾机喷雾与使用手动喷雾器喷雾相比，啉虫脒在叶片正面的沉积量大，在叶片反面的沉积量小，地面流失率低。

用手动喷雾器以喷液量 300 L/ha 喷雾时，啉虫脒对棉蚜的防效最高，为 84.3%；使用手动喷雾器喷雾、喷液量为 600 L/ha 和使用机动弥雾机喷雾、喷

液量为 75 L/ha 时, 啉虫脒对棉蚜的防效较低, 分别为 67.7% 和 69.3%。施药后第 3 和第 7 天, 不同处理啉虫脒对棉蚜的防效没有显著性差异 ($P > 0.05$)。啉虫脒用量为 450 mL/ha 时, 使用机动弥

雾机以 75 L/ha 喷雾量喷雾可以有效防治棉蚜, 用水量低, 而啉虫脒对棉蚜的防效与手动大容量喷雾没有显著性差异。

表 3 不同喷雾方式与喷液量时啉虫脒对棉蚜的防效 (%)

Table 3 Efficacy (%) of acetamiprid applied with different spray methods and volumes against *Aphis gossypii*

喷雾方式 Spray method	喷液量 (L/ha) Spray volume	药液浓度 (g/L) Concentration	施药后天数 Days after pesticide application		
			1	3	7
机动喷雾 MB	75	6.0	69.3 b	85.2 a	89.7 a
	150	3.0	72.5 ab	83.5 a	90.8 a
	225	2.0	79.0 ab	88.0 a	93.7 a
手动喷雾 MS	300	1.5	84.3 a	86.3 a	91.3 a
	450	1.0	72.9 ab	88.4 a	96.1 a
	600	0.75	67.7 b	82.6 a	89.1 a

不同处理的防效经 Duncan 氏单因素方差分析, 同列数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 下表同。Data followed by different letters in the same column are significantly different at the 0.05 level by Duncan's one-way analysis of variance. The same for the following tables.

2.4 棉花成株期喷雾方式与喷液量对吡蚜酮沉积分布及防治棉蚜效果的影响

2.4.1 棉花成株期不同喷雾方式对吡蚜酮沉积分布的影响: 在棉花成株期使用不同喷雾方式喷雾, 吡蚜酮在棉花田的沉积分布如表 4。使用机动弥雾机喷雾, 药液在棉花植株冠层上部沉积较多且均匀, 外部叶片正反面的沉积量分别为 1.2 和 0.7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 内部叶片正反面沉积量分别为 1.2 和 1.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; 在植株冠层下部沉积量明显少于上部的沉

积量。使用手动喷雾器喷雾, 棉花植株冠层的外部药液沉积较多且上下均匀, 其中上层和下层叶片的正面沉积量分别为 1.7 和 1.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 反面的沉积量为 0.4 和 0.7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; 但植株内部药液沉积较少。使用机动弥雾机喷雾, 吡蚜酮在地面的沉积量为 0.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 地面流失率为 3.3%; 使用手动喷雾器喷雾, 吡蚜酮在地面的沉积量为 0.4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 地面流失率为 13.3%, 是机动喷雾的 4 倍。

表 4 棉花成株期不同喷雾方式吡蚜酮的沉积分布

Table 4 Deposition of pymetrozine applied with different spray methods on leaves and the ground

喷雾方式 Spray method	喷液量(L/ha) Spray volume		沉积量 Deposition of pymetrozine (μg/cm ²)				地面 Ground	地面流失率(%) Run-off rate
			外部叶片 Outer leaves		内部叶片 Inner leaves			
			上层 Upper leaves	下层 Lower leaves	上层 Upper leaves	下层 Lower leaves		
机动喷雾 MB	150	叶片正面 Upper leaf surface	1.2 ±0.3	0.5 ±0.1	1.2 ±0.1	0.4 ±0.1	0.1 ±0.03	3.3
		叶片反面 Under leaf surface	0.7 ±0.1	0.2 ±0.1	1.0 ±0.2	0.2 ±0.1		
手动喷雾 MS	600	叶片正面 Upper leaf surface	1.7 ±0.3	1.8 ±0.5	0.8 ±0.1	0.5 ±0.2	0.4 ±0.1	13.3
		叶片反面 Under leaf surface	0.4 ±0.1	0.7 ±0.2	0.2 ±0.1	0.1 ±0.03		

2.4.2 棉花成株期不同喷雾方式与喷液量对吡蚜酮防治棉蚜效果的影响: 在棉花成株期使用机动弥

雾机和手动喷雾器喷雾, 吡蚜酮对棉蚜的防效见表 5。使用机动弥雾机喷雾, 在吡蚜酮用量为 150 g/

ha 时，喷液量 300 L/ha 处理对棉蚜的防效显著高于喷液量 150 L/ha ($P < 0.05$)。在吡蚜酮用量为 225 或 300 g/ha 时，不同喷液量处理对棉蚜的防效没有显著性差异 ($P > 0.05$)。机动弥雾机的喷液量为 150 L/ha 时，吡蚜酮用量由 150 g/ha 增加到至 225 g/ha，吡蚜酮对棉蚜的防效显著增加；吡蚜酮用量再继续增加至 300 g/ha 时，防效不再增加。机动弥雾机的喷液量为 300 L/ha 时，结果同上。在低

剂量时，增加喷液量有利于提高防效；高剂量时，增加喷液量并不会增加防效。喷液量一定时，在一定范围内增加剂量会增加防效；剂量达到一定程度后，防效则不再继续增加。

使用机动弥雾机喷雾，喷液量 150 L/ha、25% 吡蚜酮 WP 用量比使用手动喷雾器喷雾减少 25%，对棉蚜的防效与使用手动喷雾器喷雾无显著性差异，可以有效防治棉蚜。

表 5 棉花成株期不同喷雾方式和喷液量吡蚜酮对棉蚜的防效 (%)
Table 5 Efficacy (%) of pymetrozine applied with different spray methods and volumes against *Aphis gossypii*

喷雾方式 Spray method	喷液量(L/ha) Spray volume	药液浓度(g/L) Concentration	施药后天数 Days after pesticide application		
			1	3	7
机动喷雾 MB	150	1.0	12.0 b	28.9 c	44.3 c
		1.5	24.4 a	57.6 a	87.2 a
		2.0	25.9 a	55.9 a	81.8 ab
机动喷雾 MB	300	0.5	24.3 a	43.3 b	71.2 b
		0.75	24.4 a	51.5 ab	77.7 ab
		1.0	27.3 a	54.1 ab	82.4 ab
手动喷雾 MS	600	0.5	20.9 a	51.8 ab	83.0 ab

3 讨论

喷液量能影响药液在靶标上的沉积，进而影响防治效果。大容量喷雾农药雾滴重复沉积、聚并，药液很容易达到叶片的流失点而发生流失(袁会珠等, 2000)。同时，喷液量的增加，减少了药液中表面活性剂的浓度，不利于药液在靶标表面沉积(朱金文等, 2003b)。大容量喷雾增加喷液量会加剧药液流失。袁会珠(2000)在黄瓜苗期使用手动喷雾器进行大容量喷雾，使用 0.7 mm 喷片时药液在地面的流失率为 51.0%，使用 1.6 mm 喷片时地面流失率达 61.9%。本研究结果表明，手动喷雾器在棉花苗期喷雾的地面流失率为 35.6% ~ 46.7%，喷液量 600 L/ha 的地面流失率高于 300 和 450 L/ha。在使用机动弥雾机以低容量施药时，喷液量达不到作物叶片的流失点，增加喷液量并不会增加地面流失率。使用手动喷雾器喷雾，喷液量对啉虫脒防治棉蚜效果没有影响。使用机动弥雾机喷雾，喷液量太低会导致药液分布不均匀，增加喷液量有利于药液的均匀分布，从而提高防效。本试验发现在棉花成株期，吡蚜酮用量为 150 g/ha 时，增加喷液量会提高吡蚜酮对棉蚜的防效，但在更高剂量时，喷液量 300 与 150

L/ha 吡蚜酮对棉蚜的防效没有显著性差异。

喷雾方式对于提高农药在靶标上的沉积、提高农药利用率具有重要意义。作物苗期呈开放式株冠层结构，叶面积系数小，不利于药液的沉积，在作物苗期使用手动喷雾器喷雾，药液流失一般较严重。背负式机动弥雾机通过提高药液浓度、减少喷液量，可以减少药液的流失。且机动弥雾机雾化质量好，雾滴体积中径小，更利于药液在作物上的沉积(朱金文等, 2003a, 2003b, 2004b)。而在成株期，棉花叶面积系数大，农药利用率高，使用机动弥雾机、手动喷雾器在棉花成株期喷雾的地面流失率均较低且机动弥雾机喷雾的地面流失率低于使用手动喷雾器喷雾。不同喷雾方式药液的沉积规律不同。本研究结果表明，在棉花成株期，机动弥雾机喷雾的药液在棉花株冠层水平方向上沉积均匀，在垂直方向上由上至下沉积量递减。使用手动喷雾器喷雾，药液在棉花株冠层垂直方向上沉积较均匀，水平方向由外至内沉积量递减。药液的沉积分布与对害虫的防效有关。袁会珠(2000)使用机动弥雾机喷施三氟氯氰菊酯，对棉铃虫的防效与大容量常规喷雾差异不显著。Sopp 和 Palmer(1990)研究发现 4 种超低容量喷雾器虽然沉积规律不同，但对温室白粉虱的防效没有显著性差异。本研究发现，使用机动弥

雾机喷雾,吡蚜酮、啉虫脒对棉蚜的防效与使用手动喷雾器喷雾的防效没有显著性差异。吡蚜酮在减量25%后,使用机动弥雾机喷雾仍可有效防治棉蚜。

在棉花害虫防治中,通过使用机动弥雾机、采用低容量喷雾技术,不仅提高农药利用率、显著降低农药田间投放量、减轻对环境的压力,还可提高功效、节约用水,适合规模化农业和统防统治的植物保护发展方向。

参考文献 (References)

- Chen WQ, Zhang YJ, Yuan HZ, Zhao Q, Qin QM, Wang WG, Jin M, Chen YL, Yao P, Yang JS, 1999. Relationship between the distribution of fungicide and effects of control against wheat powdery mildew by spraying triadimefon with Taishan-18BC motorized mistblower. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 1(3): 76–81. [陈万权, 张跃进, 袁会珠, 赵清, 秦庆明, 王卫国, 金梅, 陈扬林, 姚平, 杨家书, 1999. 泰山-18BC 型机动喷雾机防治小麦白粉病效果与喷雾质量关系研究. *农药学报*, 1(3): 76–81]
- Cui L, Wang JF, Qin WC, Yin J, Yuan HZ, 2010. Relationship between droplet density and field efficacy when applying in idacloprid 700WG against wheat aphids with knapsack mist blower. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 12(3): 313–318. [崔丽, 王金凤, 秦维彩, 尹姣, 袁会珠, 2010. 机动弥雾法施用70%吡虫啉水分散粒剂防治小麦蚜虫的雾滴沉积密度与防效的关系. *农药学报*, 12(3): 313–318]
- Ebert TA, Downer RA, 2006. A different look at experiments on pesticide distribution. *Crop Protection*, 25(4): 299–309.
- Garcerá C, Moltó E, Chueca P, 2011. Effect of spray volume of two organophosphate pesticides on coverage and on mortality of California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). *Crop Protection*, 30: 693–697.
- Lei H, Zhang ZL, 2007. Resistance selection of cotton aphid to acetamiprid and its risk assessment. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 16(6): 238–241. [雷虹, 张战利, 2007. 棉蚜对啉虫脒的抗性汰选与风险评估. *西北农业学报*, 16(6): 238–241]
- Qiu ZK, Yuan HZ, Lou SW, Ji MS, Yu JJ, Song XY, 2007. The research of water soluble dyes of allura red and ponceau-G as tracers for determining pesticide spray distribution. *Agrochemicals*, 46(5): 323–325. [邱占奎, 袁会珠, 楼少巍, 纪明山, 于娟娟, 宋晓宇, 2007. 水溶性染色剂诱惑红和丽春红-G 作为农药沉积分布的示踪剂研究. *农药*, 46(5): 323–325]
- Reed JT, Smith DB, 2001. Droplet size and spray volume effects on insecticide deposit and mortality of heliothine (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 94(3): 640–647.
- Ren MY, Liang GM, Zhang YJ, Yu HK, Chang HL, Wu KM, Guo YY, 2007. Toxicity mensurations and efficacy trials of several insecticides against cotton aphid *Aphis gossypii* (Glover). *Cotton Science*, 19(3): 199–204. [任明勇, 梁革梅, 张永军, 于宏坤, 常洪雷, 吴孔明, 郭予元, 2007. 几种药剂对棉蚜苗、伏蚜的毒力测定和药效试验. *棉花学报*, 19(3): 199–204]
- Sopp I, Palmer A, 1990. Deposition patterns and biological effectiveness of spray deposits on pot plants applied by the Ulvafan and three prototype electrostatic sprayers. *Crop Protection*, 9(4): 295–302.
- Tu YQ, 1992. Progress in Chemical Control Techniques. Xinjiang Science and Technology Press, Urumqi. [屠豫钦, 1992. 化学防治技术研究进展. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社. 80–93]
- Wise JC, Jenkins PE, Schilder AMC, Vandervoort C, Isaacs R, 2010. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. *Crop Protection*, 29: 378–385.
- Wu JM, Zhao WY, Fan YS, 2001. An experimental study on spray distribution of a mistblower. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 32(1): 42–45. [吴健民, 赵武云, 樊英生, 2001. 弥雾机雾滴分布试验研究. *农机机械学报*, 32(1): 42–45]
- Xu DJ, Gu ZY, Xu GC, Xu XL, Fan P, 2011. Effects of solution surface tension and spray methods on deposition of droplets on rice plants. *Chinese Journal of Rice Science*, 25(2): 213–218. [徐德进, 顾中言, 徐广春, 许小龙, 范鹏, 2011. 药液表面张力与喷雾方法对雾滴在水稻植株上沉积的影响. *中国水稻科学*, 25(2): 213–218]
- Yuan HZ, 2000. Studies on the Deposition and Run-off of Pesticide Droplets on Crop Leaves and Pesticide Application by Reduced Spray Volume. PhD Dissertation, China Agricultural University, Beijing. [袁会珠, 2000. 农药雾滴沉积流失规律以及降低容量喷雾技术研究. 北京: 中国农业大学博士学位论文]
- Yuan HZ, Qi SH, Yang DB, 2000. Study on the point of run-off and the maximum retention of spray liquid on crop leaves. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2(4): 66–71. [袁会珠, 齐淑华, 杨代斌, 2000. 药液在作物叶片的流失点和最大稳定持留量研究. *农药学报*, 2(4): 66–71]
- Zhu JW, Shi J, Zhu GN, Zhang HD, 2003a. Influence of droplet size and spray volume on retention of chlorpyrifos on cabbage leaves. *China Vegetables*, (6): 3–5. [朱金文, 石江, 朱国念, 张华东, 2003a. 雾滴直径与施药量对毒死蜱在甘蓝叶片沉积量的影响. *中国蔬菜*, (6): 3–5]
- Zhu JW, Wu HM, Sun LF, Zhu GN, 2004a. Influence of leaf incline angle, droplet size and spray volume on deposition of chlorpyrifos on rice plants. *Acta Phytophylacica Sinica*, 31(3): 259–263. [朱金文, 吴慧明, 孙立峰, 朱国念, 2004a. 叶片倾角、雾滴大小与喷液量对毒死蜱在水稻植株沉积的影响. *植物保护学报*, 31(3): 259–263]
- Zhu JW, Wu HM, Zhu GN, 2003b. A review of influence of spray volume on pesticides efficacy. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 15(6): 372–375. [朱金文, 吴慧明, 朱国念, 2003b. 施药液量对农药药理作用的影响. *浙江农业学报*, 15(6): 372–375]
- Zhu JW, Wu HM, Zhu GN, 2004b. Influence of droplet size and spray volume on deposition of glyphosate on alligator weed leaves. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 6(1): 63–66. [朱金文, 吴慧明, 朱国念, 2004b. 雾滴大小与施药液量对草甘膦在空心莲子草叶片沉积的影响. *农药学报*, 6(1): 63–66]

(责任编辑: 赵利辉)